

## RECONHECIMENTO DE FEIÇÕES DE RELEVO TECNOGÊNICAS NA BACIA DO RIO PARAIBUNA (MG) ATRAVÉS DO EMPREGO DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA

Carolina Campos Eduardo Oliveira <sup>1\*</sup>, Telma Mendes da Silva <sup>1</sup>, Miguel Fernandes Felipe <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CEP 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *E-mails:* carolcampos13@gmail.com, telmageo@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, CEP 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. *E-mail:* miguel.felippe@ufjf.br

\*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

### RESUMO

A reprodução do espaço geográfico está associada a processos de ordem econômica, política, social e/ou cultural que revelam o papel da agência humana e podem ser registrados em feições de relevo tecnogênicas. Nesse trabalho busca-se identificar, dimensionar e interpretar essas feições presentes na bacia hidrográfica do rio Paraibuna, localizada no Sudeste do estado de Minas Gerais. A operacionalização foi balizada no emprego de técnicas da cartografia geomorfológica retrospectiva/evolutiva de detalhe, com elaboração de mapas representativos de cobertura e uso da terra e identificação de feições tecnogênicas para os anos de 1983 e 2010-2011, na escala de 1:5.000. Foram utilizadas plantas cadastrais, imagens aéreas antigas, de satélites e do *Google Earth Pro*, além de acervos fotográficos e investigações de campo para mapear e registrar as intervenções tecnogênicas. A morfodinâmica de processos acumulativos e de perdas de materiais na conformação direta e indireta do relevo possibilitou registrar as transformações ocorridas ao longo do tempo e que implicam na alteração da morfologia original em tecnogênica. A classificação das feições tecnogênicas concentrou-se no reconhecimento de terrenos escavados, assoreados, feições erosivas, horizontes de solo alterados por processos físicos e/ou químicos, segmentos de alteração lineares, lagos artificiais, dentre outros. Foram identificadas alterações no leito do rio Paraibuna, tais como pontos de retificação e aterros, geração de barragens e represamentos, bem como foi avaliada a expansão urbana mesclada ao relevo de mares de morros. O baixo curso é ajustado às estruturas geológicas e associa-se à dissecação expressiva dos canais fluviais, tendo segmentos aproveitados para instalação de pequenas usinas hidrelétricas para abastecimento e geração de energia elétrica. Por fim, vale ressaltar que o emprego da cartografia geomorfológica retrospectiva/evolutiva de detalhe foi fundamental no diagnóstico das alterações tecnogênicas e para subsidiar feições mais suscetíveis a processos erosivos.

*Palavras-chave:* Antropoceno; Paisagem tecnogênica; Cartografia geomorfológica; Bacias de drenagem; Evolução urbana e alteração da paisagem.

## ABSTRACT

RECOGNITION OF TECHNOGENIC RELIEF FEATURES IN THE PARAIBUNA RIVER BASIN (MG) THROUGH THE USE OF RETROSPECTIVE GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY. The reproduction of geographical space is associated with economic, political, social, and/or cultural processes that reveal the role of human agency and can be recorded in technogenic relief features. This study aims to identify, measure, and interpret these features present in the Paraibuna River watershed, located in the southeastern part of the state of Minas Gerais. The operationalization was based on the use of detailed retrospective/evolutionary geomorphological cartography techniques, with the preparation of representative maps of land cover and use and the identification of technogenic features for the years 1983 and 2010-2011, on a scale of 1:5.000. Cadastral plans, old aerial images, satellite images, and Google Earth Pro images were used, in addition to photographic collections and field investigations to map and record technogenic interventions. The morphodynamics of cumulative processes and material losses in the direct and indirect conformation of the relief made it possible to record the transformations that have occurred over time and that imply a change from the original morphology to a technogenic one. The classification of technogenic features focused on the recognition of excavated and silted terrain, erosive features, soil horizons altered by physical and/or chemical processes, linear alteration segments, artificial lakes, among others. Changes were identified in the Paraibuna riverbed, such as rectification points and landfills, the creation of dams and reservoirs, and urban expansion mixed with the relief of hills. The lower course is adjusted to the geological structures and is associated with the significant dissection of the river channels, with segments used for the installation of small hydroelectric plants for water supply and electricity generation. Finally, it is noteworthy that the use of detailed retrospective/evolutionary geomorphological cartography was fundamental in the diagnosis of technogenic changes and essential in identifying features more susceptible to erosion processes.

*Keywords:* Anthropocene; Technogenic landscape; Geomorphological cartography; Drainage basins; Urban evolution and landscape change.

## RESUMEN

RECONOCIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE TECNOGÉNICO EN LA CUENCA DEL RÍO PARAIBUNA (MG) MEDIANTE EL USO DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA. La reproducción del espacio geográfico está asociada a procesos de carácter económico, político, social y/o cultural que ponen de manifiesto el papel de la acción humana, y pueden registrarse en morfologías de relieve tecnogénicas. En este trabajo se pretende identificar, dimensionar e interpretar dichas morfologías presentes en la cuenca hidrográfica del río Paraibuna, situada en el sureste del estado de Minas Gerais. La operacionalización se basó en el empleo de técnicas de geomorfológica retrospectiva/evolutiva de detalle, mediante la elaboración de mapas representativos de la cubierta vegetal y uso del suelo y la identificación de morfologías tecnogénicas para los años 1983, 2010-2011, a escala 1:5.000. Se utilizaron planos catastrales, imágenes aéreas antiguas, de satélite y de *Google Earth Pro*, además de archivos fotográficos e investigaciones de campo para cartografiar y registrar las intervenciones tecnogénicas. La morfodinámica de procesos acumulativos y de pérdidas de materiales en la conformación directa e indirecta del relieve permitió registrar las transformaciones ocurridas a lo largo del tiempo y que implican la alteración de la morfología original hacia la tecnogénica. La clasificación de las morfologías tecnogénicas se centró en el reconocimiento de

terrenos excavados, colmatados, formas erosivas, horizontes de suelo alterados por procesos físicos y/o químicos, segmentos lineales de alteración, lagos artificiales, entre otros. Se identificaron alteraciones en el cauce del río Paraibuna, tales como puntos de rectificaciones y rellenos antrópicos, generación de presas y embalses, áreas sometidas a la expansión urbana, en relieve de "mares de morros". El curso bajo se ajusta a las estructuras geológicas y se asocia a una marcada disección de los canales fluviales, teniendo tramos aprovechados para la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas destinadas al abastecimiento y a la generación de energía eléctrica. Por último, cabe destacar que el empleo de la cartografía geomorfológica retrospectiva/evolutiva de detalle fue fundamental para el diagnóstico de las alteraciones tecnogénicas y para la identificación de morfologías más susceptibles a procesos erosivos.

*Palabras clave:* Antropoceno; Paisaje tecnogénico; Cartografía geomorfológica; Cuencas de drenaje; Evolución urbana y alteración del paisaje.

## 1 INTRODUÇÃO

A paisagem no Antropoceno vem sendo alvo de robustos debates, pesquisas e discussões, haja vista a atual morfodinâmica dos processos de alteração da paisagem. Desde o surgimento dos primeiros seres humanos na Terra, a instrumentalização de fragmentos naturais ocorreu com o uso de seixos e calhaus pelos *Australopithecus* (Tanzânia, África Oriental), e posteriormente com o uso do machado na cultura paleolítica inferior da época do *Homo erectus*, até o aparecimento do *Homo sapiens sapiens*, com a cultura dos metais e nos últimos 5.000 a 6.000 anos, a construção de máquinas (Suguio, 2010).

Sobre esse aspecto, Suguio (2010, p.20) afirma que a atuação da sociedade vista "como um agente geológico muito ativo, o homem tende a deixar, com frequência crescente, vestígios de sua presença em sedimentos, na geomorfologia e nos ambientes em geral". Para este autor, dentro da escala de tempo geológico, o período mais recente (Quaternário) "[...] passou a ser um tempo caracterizado pela intensificação das atividades antrópicas ou pela "hominização", definida pelo surgimento do homem sobre a Terra" (p. 16).

O termo Antropoceno (de raízes gregas, "*anthropos*" significa homem e "*cenos*" significa novo), ainda que não tenha sido reconhecido oficialmente pela Comissão Estratigráfica Internacional, vem sendo bastante utilizado pelas demais Ciências para se referir ao período do tempo em que há ação preponderante da agência humana no planeta. Tal constatação traz reverberações na geomorfologia, pela magnitude dessa nova "força", e sua interação com a biogeofísica natural e formação de paisagens

pela cobertura e uso da terra, construção de barramentos, minas, canais, estradas, terraços agrícolas e outros (Tarolli et al., 2019).

Cabe ressaltar sobre a composição da paisagem, o quanto as feições de relevo foram alteradas pela sociedade, e essas características já haviam sido apontadas no século XIX, por estudiosos e viajantes. Um deles, o botânico Auguste de Saint-Hilaire (1779-1853), quando em suas observações colocadas nos relatórios de viagem sobre os elementos e formas da vegetação nativa, na obra "O quadro geográfico da vegetação primitiva na Província de Minas Gerais", de 1837 e republicada em 2011 (Brandão, 2011), argumenta que "mesmo os nossos bosques, separados a intervalos regulares, tornaram-se obra nossa, e nossos prados, continuamente revolvidos pela mão do homem, são tão artificiais quanto os pastos aos quais nos apraz dar particularmente esse nome" (p. 17).

Brandão (2011) aponta o quanto a biodiversidade vegetal mineira sofreu alterações, provenientes dos desmatamentos para a prática de culturas extensivas agrícolas e pecuárias, bem como a mineração. Essas modificações geradas pelo ser humano atingem níveis profundos, quer em escala local, quer em escala global, cujas marcas impressas na paisagem natural pelas atividades praticadas pela Humanidade tornaram-se tão ativas que, muitas vezes, sobrepõem as próprias forças dos elementos da natureza, trazendo alterações irreversíveis ou com alto poder de impacto sobre o funcionamento do sistema ambiental (Steffen et al., 2011). Estes autores destacam o domínio das técnicas para explorar o espaço geográfico tem levado a vários debates sobre a época de maior "empoderamento do homem sobre a natureza".

A transformação da paisagem pelo ser humano testemunha a influência deste nos quadros naturais, em uma perspectiva de compreensão do sujeito como um modificador do seu espaço, contudo há nesse discurso uma abordagem insuficiente para entender a Humanidade como ser parte, ou seja, enquanto um componente do processo histórico da própria natureza (Lima, 2015).

Perspectivas recentes argumentam que há um novo ritmo, com novas intensidades e velocidades de domínio do meio ambiental, em uma escala mundial. A argumentação sobre a era do capitalismo, enquanto uma força aceleradora do tempo da atividade social, é inserida como um marco temporal das mudanças ambientais, surgindo a proposta do conceito do Capitaloceno (Barcelos, 2019).

James Moore (2013), ao propor o termo Capitaloceno levanta a questão para o modelo atual de se pensar o sistema Terra pelo Antropoceno. Segundo o autor, o Antropoceno evoca a dualidade “sociedade” e “natureza”, como se esta não integrasse a Humanidade, em seu processo histórico. O termo Capitaloceno surge como uma alternativa ao modo de ver o mundo, para aquela além de considerar o ser humano como um agente triunfalista sobre a própria natureza (Barcelos, 2019).

Segundo Carvalho (2015), Moore (2013) traz uma narrativa do Antropoceno enquanto uma leitura sem intenção de legitimar a historiografia humana sobre a Terra, vista como um objeto de saber e governo, cuja Humanidade “[...] se revela incapaz de assumir o propósito histórico de enfrentar as questões da sua própria época, onde, como na economia, caberá a uma vanguarda de especialistas definir as políticas que a sociedade não está preparada para enfrentar” (Carvalho, 2015, p.18).

De acordo com Souza (2020) o capitaloceno é um termo mais crítico, pois traz um debate para além dos estudos sobre consequências da degradação da natureza/paisagem. Para o autor, o capitaloceno reflete como essa conjuntura, que afeta os modos de vida da população, da produção de tragédias ambientais e de problemas ecossociais.

Para além da discussão dos modos de produção e como esses se manifestam em transformações na/da paisagem, a geografia russo-soviética cunha o termo “Tecnógeno” para se referir ao emprego das técnicas (tecnologia) na reconfiguração dos geossistemas. Inicialmente focado em reconhecer e descrever depósitos sedimentares de origem humana (tecnogênicos), o termo ganhou complexidade ao se debruçar sobre processos que organizam a dinâmica da

paisagem em diferentes recortes espaciais e temporais (Chemekov, 1983; Ter-Stepanian, 1988).

Nesse contexto, o estudo do tecnógeno busca ir além do entendimento da composição da paisagem, enquanto forma de estudo capaz de abarcar elementos de interpretação sociais, econômicas, políticas, culturais, as quais se manifestam no espaço e no tempo. Com isso, a diversidade das feições de relevo tecnogênicas abrange aspectos simbólicos, atividades de habitação, transporte, subsistência, mineração, infraestrutura hídrica, destinação de resíduos, defesa e guerra, formas de intervenções essas que assumem espacialidades e temporalidades diferenciadas por processos variáveis (Tarolli et al., 2019).

No estudo das paisagens, essas se configuram em palimpsestos socioculturais, que trazem marcas da evolução e acúmulo ao longo do tempo e na qual os seres humanos são considerados os “melhores engenheiros do ecossistema da Terra”, com maior intencionalidade do que qualquer outra espécie, e estão engajados em uma gama de comportamentos modificadores da paisagem, constituída de aspectos tecnogênicos (Tarolli et al., 2019).

Toda essa abordagem sobre modificações da paisagem traz em voga a questão dos mapeamentos geomorfológicos pautados em técnicas da cartografia retrospectiva ou evolutiva, que se referem a estudos sistemáticos morfológicos e históricos. A comparação entre morfologias originais e aquela composta pelas transformações associadas à agência humana, através das técnicas de fotointerpretação e de análise de documentos históricos, é a base metodológica para compreensão da transformação da paisagem (Luz, 2015).

Dentro de todo esse debate, o presente trabalho tem como objetivos norteadores identificar, dimensionar e interpretar feições de relevo tecnogênicas na bacia hidrográfica do rio Paraibuna (MG). Através da abordagem da cartografia geomorfológica retrospectiva/evolutiva, foi elencado um recorte temporal para os anos de 1983 e de 2010-2011, com a espacialização das morfologias tecnogênicas.

## 2 BREVE HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PARAIBUNA

A bacia hidrográfica do rio Paraibuna, com área aproximada de 8.558 km<sup>2</sup>, está localizada no sudeste do estado de Minas Gerais, constituindo o principal afluente da margem esquerda da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Figura 1). O rio Paraibuna nasce na Serra da Mantiqueira, no mu-

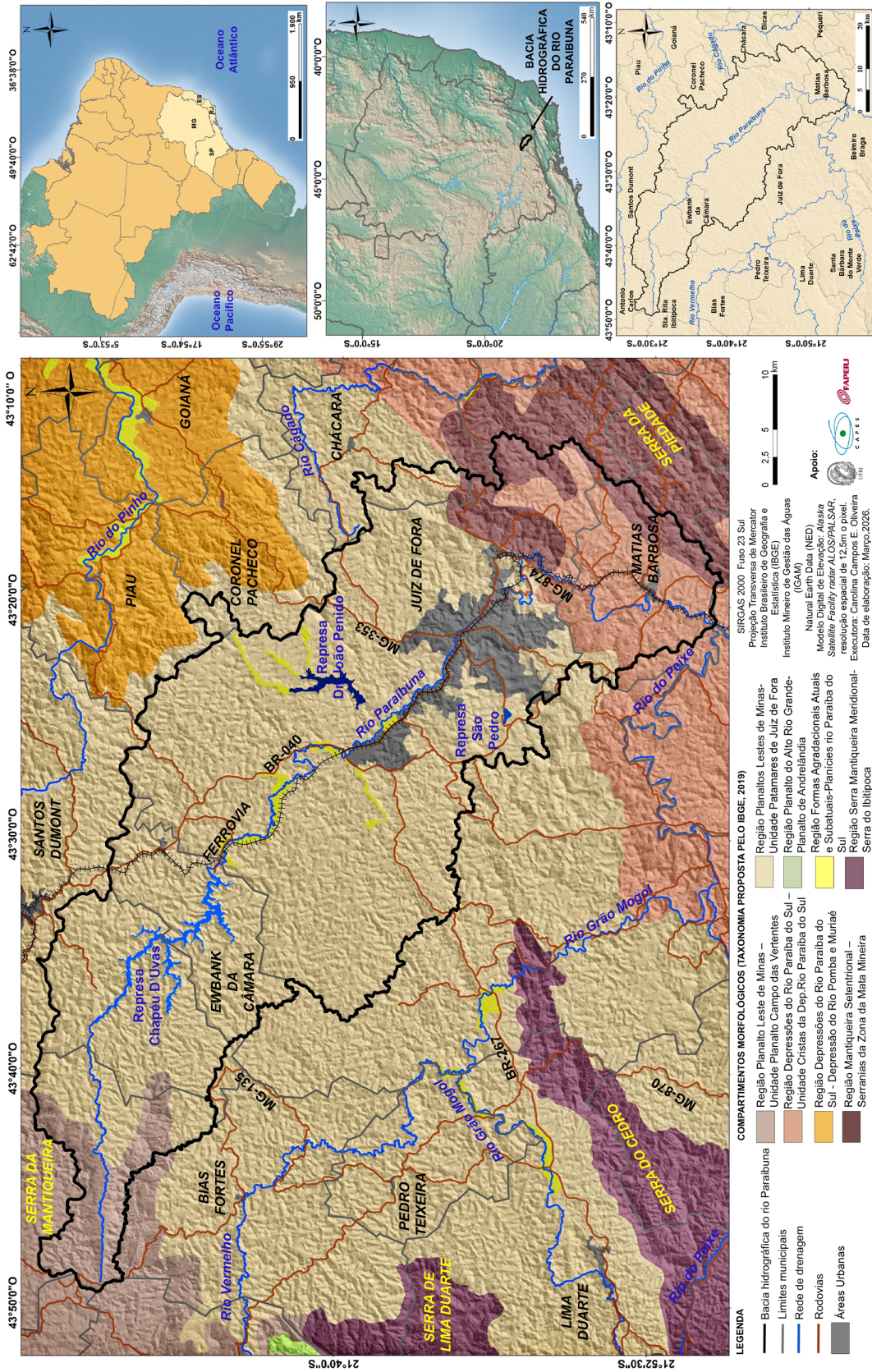


FIGURA 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Paraibuna e seus compartimentos geomorfológicos. Fonte: IBGE (2019).

FIGURE 1 – Paraibuna River watershed location and its geomorphological compartments based on IBGE (2019) mapping.

nicípio de Antônio Carlos (MG) em uma altitude aproximada de 1180 m. No alto curso da bacia, a orientação do rio é de W-E, atingindo os limites municipais entre Antônio Carlos e Santos Dumont. A partir desse trecho, o rio percorre o *gráben* de Juiz de Fora e assume a direção NW-SE, constituindo uma planície fluvial, a qual se encontra a área urbana de Juiz de Fora.

Destaca-se, dentre as mudanças de nível de base local do rio Paraibuna, em seu baixo curso, a Usina Hidrelétrica de Marmelos, situada na cota de 670 m. Desse trecho em diante o canal do rio Paraibuna muda suas características e percorre em um leito com afloramento rochoso exposto em um vale confinado, cuja rugosidade é marcada pela presença de material de granulometria variada, com presença de calhaus e seixos. A partir desse ponto, o rio Paraibuna recebe, pela margem direita, as águas do rio do Peixe, do rio Preto e na margem esquerda o rio do Cágado, orientando-se no sentido N-S até a foz do Paraíba do Sul.

O arcabouço geológico e estrutural sistematizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Duarte et al., 2003), na escala de 1:100.000, refere-se ao Complexo Piedade, denominado de Complexo Mantiqueira, e cujos litotipos são anfíbolito e hornblenda-biotita gnaisses, visualizados pelas intercalações de gnaisses com faixas de quartzitos, pela letra B da Figura 2. No perímetro urbano de Juiz de Fora são notadas faixas

intercalares da Unidade Andrelândia (biotita gnaisses, rocha calcissilicática, rocha meta-ultramáfica), Complexo Juiz de Fora (com unidades enderbíticas, tonalíticas e charnoquítica) e uma faixa sudoeste da Unidade Andrelândia, de migmatitos e gnaisses, identificados pelos gnaisses migmatizados (C), na Figura 2. As coberturas superficiais, desenvolvidas sobre estas litologias, se caracterizam por unidades de espessura pequena a média, de granulometria fina e bastante argilosa, com depósitos de vertentes rasos, as quais sob intervenções antropogênicas estão sujeitas a situações de instabilidade das encostas.

As interações entre os elementos da geologia e da geomorfologia somadas às influências de um clima tropical de altitude e tropical típico, com períodos chuvosos abundantes entre os meses de outubro a abril e períodos de estiagens acentuados entre os meses de maio a setembro, condicionaram taxas relativamente elevadas de intemperismo químico e pedogênese, configurando unidades pedológicas de Latossolos vermelho-amarelo distrófico e unidades de Latossolo amarelo (Fundação Estadual do Meio Ambiente [FEAM], 2010). Em escala de detalhe, são identificadas unidades de Argissolos, relacionados à translocação de argilas em vertentes de média declividade, Cambissolos atrelados às fases de rejuvenescimento provocados por decapeamentos dos horizontes superficiais de-

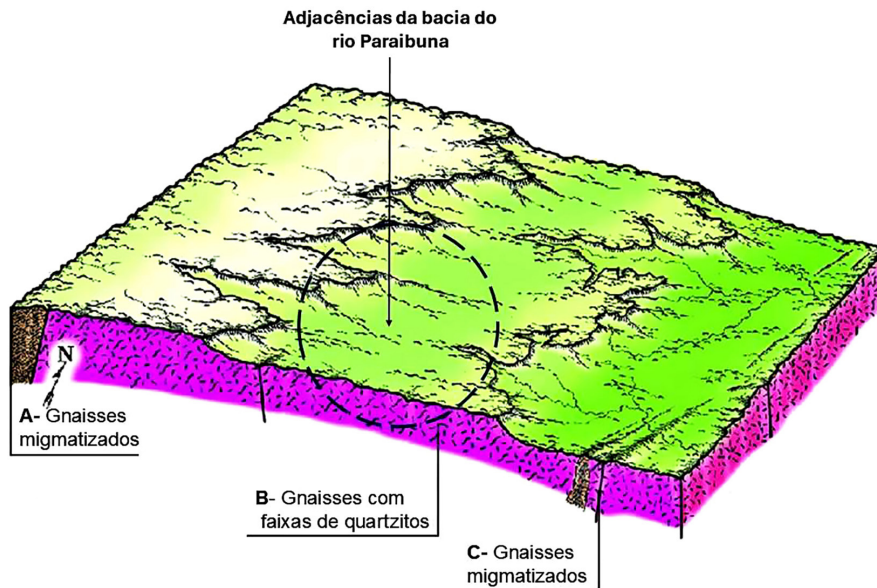


FIGURA 2 – Bloco Diagrama dos Patamares em que está localizado Juiz de Fora. Fonte: IBGE (2019).

FIGURA 2 – Bloco Diagrama dos Patamares em que está localizado Juiz de Fora. Fonte: IBGE (2019).

vido às erosões laminares e, ainda, Neossolos flúvicos e Gleissolos em fundos de vales.

Sobre esses solos desenvolveram-se biotas de Floresta Estacional Semidecidual, Montana e Submontana, com indivíduos de porte arbóreo, lianas e epífitas em abundância (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 1992). No final do século 19 e início do século 20 a paisagem sofre alterações por diferentes usos da terra, voltados para o setor econômico como a produção cafeeira, a pecuária e a expansão do cultivo do eucalipto. As práticas extensivas dessas atividades contribuíram para a fragmentação do bioma ao longo da bacia.

Em relação às declividades da bacia hidrográfica do rio Paraibuna tem-se a forte atuação da energia gravitacional no relevo, gerando movimentos gravitacionais de massa e deposição de sedimentos, como colúvios e material fino arenoso nas margens de afluentes, além da presença de processos erosivos em encostas íngremes. Há predomínio das classes de declividade entre os intervalos de 0 a 30%, e pontos acima dos 30% distribuídos por toda a bacia. Detalhando essa amplitude, observa-se que há uma transferência de sedimentos da encosta para as áreas de deposição, que pode ser notada nas áreas suavemente planas, inseridas no intervalo 0 a 6% de declividade, abrangendo áreas de espraiamento de planícies fluviais associadas aos afluentes do rio Paraibuna.

Já o intervalo de 6% a 15%, de ondulação suave, integra a expansão da ocupação urbana registrada no intervalo anterior, especialmente na região central do município de Juiz de Fora, onde ocorre uma extensa faixa da planície fluvial do rio Paraibuna, com aporte sedimentar significativo na margem direita. Por sua vez, na faixa de declividade de 15% a 30% inserem-se cobertas por formas colinosas e morrotes, marcadas ora pela ocupação urbana irregular, ora por uma visualização de projetos residenciais de alto padrão, capazes de superar os declives atenuantes. Ainda, de acordo com a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (2004), os conjuntos de relevo dissecados de colinas, morrotes e morros, com amplitudes entre 80 e 100 m, encontram-se em áreas com alta densidade de ocupação e passíveis de ocupação. Já as localidades inseridas em declividades acima dos 30%, com amplitudes acima de 200 m destacam-se os morros inadequados para assentamentos urbanos.

A dinâmica superficial na área de estudo é, portanto, marcada pela susceptibilidade erosiva

alta a muito alta, com escorregamentos e rupturas no contato entre solo-rocha, destacamento de blocos e tálus, e formação de crostas lateríticas pelo processo de lixiviação de alteração intempélica (Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, 2004).

Já no trecho do baixo curso e adjacências o rio percorre faixas da Unidade Paraíba do Sul com grupos litológicos de gnaiss milonítico, granada gnaiss, mármore e quartizitos, intercaladas pelo Complexo Juiz de Fora (Duarte et al., 2003). Em estudo anterior, Duarte (1998) ressaltou a notação estrutural apontando a movimentação do bloco do alto curso do rio Paraibuna, inserido no Domínio Tectônico de Andrelândia para o bloco do médio curso no Domínio Tectônico Juiz de Fora. No bloco do Domínio Tectônico de Andrelândia, o rio Paraibuna percorre feições de relevo em morros, marcado por vale estrutural até as proximidades da represa de Chapéu D'Uvas. Desse ponto em diante, no Domínio Tectônico Juiz de Fora, o contexto geomorfológico é marcado pela inserção do *minigraben* e de *horsts*, destacando o Morro do Cristo Redentor, sobre rochas do tipo biotita-granada e declividade acentuada.

Alguns desses lineamentos foram tratados por Marques Neto et al. (2020), ao apresentarem uma rosácea de direção destacando o predomínio de orientação E-W. Estes autores ressaltaram que há ação de tectonismo ativo em falhas transcorrentes, relacionada às frentes de atuação neotectônica. Além dessa observação, foi reconhecido pelos autores alinhamentos NE-SW interceptados por estruturas em NW-SE e E-W, com maior frequência no baixo curso da bacia. Esses lineamentos configuraram compartimentos geomorfológicos, em especial ao modelado de agradação da planície fluvial no segmento médio da bacia. Por sua vez, o espraiamento da planície, apresentando-se como uma soleira rochosa auxiliou no desenvolvimento urbano do município de Juiz de Fora, e posteriormente na ocupação em direção aos sopés e setores das vertentes. Em seu baixo curso as estruturas revelam-se em vales recortados por vertentes em declividades acima dos 30%, dificultando a ocupação e expansão urbana nessa porção da bacia, que ocorre em alguns setores de planícies alveolares, às margens do rio Paraibuna em Juiz de Fora e no município de Matias Barbosa.

Em relação às unidades geomorfológicas macrorregionais, o alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraibuna está localizado na Unidade Planalto dos Campos das Vertentes. Nessa unidade, as feições de relevo se caracterizam por mo-

delados de dissecação em forte controle estrutural (IBGE, 2019). Da transição do alto curso para o médio curso, situam-se nos Patamares de Juiz de Fora desenvolvidos basicamente na unidade litológica de gnaisses (Figuras 2 e 3A), em modelados de dissecação homogênea de topos convexos, alta densidade de rede de drenagem incisões fluviais variando de 50 a 100 m. Enquanto, o baixo curso está inserido na região das Depressões do rio Paraíba do Sul, na unidade de Alinhamentos de Cristas da Depressão do rio Paraíba do Sul e ainda em setores da região da Serra da Mantiqueira Setentrional (Figura 3B). A região da Depressão do rio Paraíba do Sul está situada entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo uma área deprimida entre as Serras do Mar e da Mantiqueira, cujas formas de relevo se manifestam por colinas e morros baixos, orientados pela foliação das rochas e com formação de vales estruturais e alinhamentos das cristas. Nessa região as áreas de fundos de vale, majoritariamente, apresentam formas planas devido à acumulação de sedimentos de rios (IBGE, 2019).

Do ponto de vista hidrológico, a bacia hidrográfica do rio Paraíba possui uma rede de drenagem de padrão dendrítico e é composta por 62 sub-bacias (Araújo et al., 2009). Em relação ao abastecimento de água destacam-se os reservatórios artificiais de Chapéu D'Uvas, localizada no alto curso da bacia ocupando 47,5% da área do município de Ewbank da Câmara e 52,4% no município de Santos Dumont, enquanto a bacia de contribuição de 313,23 km<sup>2</sup> se distribui pelos

territórios de Ewbank da Câmara com 20,69%, Antônio Carlos em 35,3% e Santos Dumont em 44,0%. Além do abastecimento feito pelas represas Doutor João Penido e Represa de São Pedro (Machado, 2012).

O processo de construção da Represa de Chapéu D'Uvas esteve associado ao crescimento e expansão industrial do município de Juiz de Fora, do período final do século 19 até o início do século 20, tendo como objetivo o controle das inundações, conforme observado em eventos ocorridos em 1892 (75m<sup>3</sup>/s), 1906 (170 m<sup>3</sup>/s), 1916 (147 m<sup>3</sup>/s), 1924 (135 m<sup>3</sup>/s), 1935 (125 m<sup>3</sup>/s) e 1940 (245 m<sup>3</sup>/s) – Machado (2012). Entretanto, a proposta de gestão compartilhada dos recursos hídricos provenientes desse reservatório gerou conflitos de interesse político-administrativo, uma vez que para o município de Juiz de Fora o manancial constitui-se na solução para o crescimento das suas demandas de abastecimento público, enquanto para a administração dos municípios a montante, o reservatório é visto como uma possível área para melhoria da economia local, através da exploração turística ou da ocupação no seu entorno pela ótica do empreendedorismo imobiliário (Machado, 2012).

A represa Doutor João Penido foi construída com obras de represamento do ribeirão dos Burros em 1934, pela prefeitura de Juiz de Fora. A barragem foi planejada com o objetivo de acumulação de águas para suprir o abastecimento no município, que naquela época já enfrentava problemas de investimento públicos, e atual-



FIGURA 3 – A) Planície fluvial no setor médio da bacia hidrográfica do rio Paraíba, no contexto dos Patamares de Juiz de Fora. Feição de relevo agradacional tecnogênica, evidenciando o leito do rio Paraíba retificado. Foto: C.C.E. Oliveira (Jan./2018). B) Baixo Curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba em Matias Barbosa. Fonte: Ampar/Cimpar (2021) - Tribuna de Minas.

FIGURE 3 – A) Fluvial plain in the middle sector of the Paraíba River watershed, within the context of the Juiz de Fora stepped plateaus. A technogenic aggradational landform, highlighting the channelization of the Paraíba River. Photo: C.C.E. Oliveira (Jan./2018). B) Lower course of the Paraíba River watershed in Matias Barbosa. Source: Ampar/Cimpar (2021) - Tribuna de Minas.

mente corresponde em cerca de 50% dos recursos hídricos captados e distribuídos (Bucci, 2015; Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora [CESAMA], 2018). O uso do entorno e mesmo do lago da represa Doutor João Penido caracteriza-se pela presença de granjas, loteamentos com habitações de baixo padrão social, além de casas de veraneio de luxo ocupando áreas de preservação permanente (APP). Além disso, nas margens do manancial são constantes as práticas de queimadas, agricultura, criação de animais, movimentação de terra e supressão da vegetação (Bucci, 2015).

A represa de São Pedro, também denominada de Represa dos Ingleses ou Cruzeiro de Santo Antônio, está localizada a oeste de Juiz de Fora. O manancial de São Pedro sofre com processos de assoreamentos intensos, que são alterados em épocas de estiagem, entre os meses de abril e outubro. Essa situação pode ser causada por fatores antrópicos, pois a represa está em uma área próxima à rodovia BR 040, e em seu entorno a expansão urbana está cada vez mais consolidada (CESAMA, 2018).

### 3 METODOLOGIA

Os princípios norteadores do mecanismo da seleção e organização das etapas de investigação estão balizados nas seguintes fases: distinção, associação, hierarquia e centralização (Morin, 2015) – Figura 4. A fase inicial refere-se à distinção ou disjunção dos materiais de apoio necessários ao desenvolvimento da pesquisa; a união relaciona-se à associação dos planos de informações de dados matriciais e dados vetoriais, onde os dados vetoriais corresponderam à geração de arquivos em *shapefile* dos tipos polígonos, polilinhas e pontos, como corpos hídricos, estradas e pontos de localização das intervenções.

Por sua vez, os dados matriciais agruparam arquivos em relevo sombreado, imagens de satélites, classes de hipsometria, declividade, dentre outros planos de informações. Já a fase de hierarquização ordenou as séries temporais para a realização das interpretações em gabinete das imagens dos anos de 1983, 2010-2011 e fases de trabalhos de campo, realizados nos anos de 2019, 2020 e 2021. A fase de centralização corresponde à confecção dos mapas finais com auxílio do Sistema de Informações Geográficas.

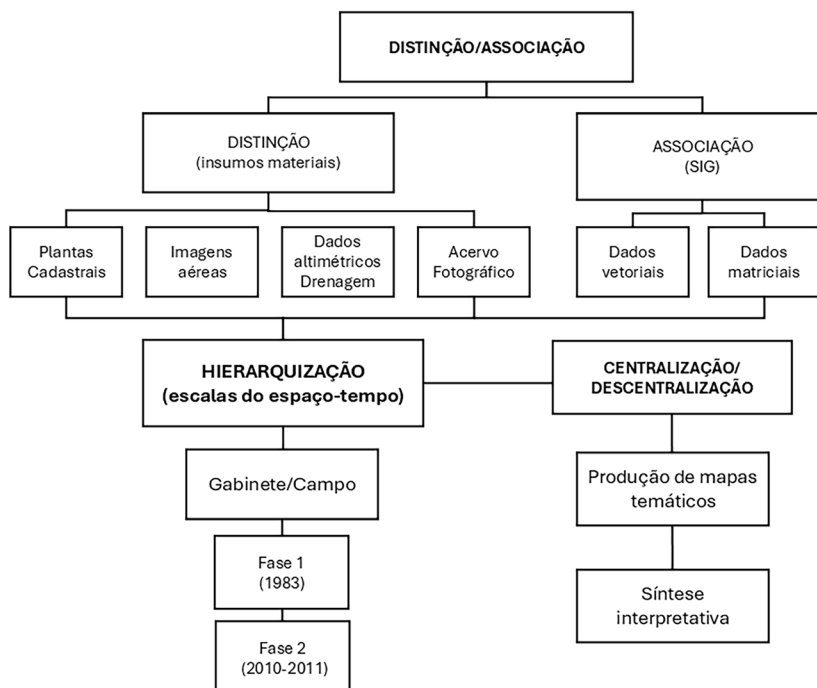


FIGURA 4 – Fluxograma com os princípios de seleção e organização proposto por Morin (2015). Elaborado pelos autores.

FIGURE 4 – Flowchart of the principles of selection and organization as proposed by Morin (2015). Prepared by the authors.

Referente ao plano de informação de cobertura e uso da terra, foram utilizados os dados vetoriais em arquivo *shapefile*, fornecidos pela Prefeitura de Juiz de Fora. Para a elaboração e identificação, utilizou-se das imagens aerofotogramétricas do ano de 2007, do satélite *QuickBird 2*, cuja resolução espacial é de 0,6 m e composição R(3) G(2) B(1) (Menon Júnior et al., 2016)

Por meio do *software* ArcGIS, para cada unidade de mapeamento, aplicou-se a técnica de interpretação visual, na escala de mapeamento de 1:2000, e manualmente foram identificados, vetorizados e classificados, de acordo com a nomenclatura adotada. A nomenclatura utilizada foi embasada na proposta do Manual Técnico do Uso e Cobertura da Terra (IBGE, 2013), com coberturas relativas a áreas antrópicas, naturais, outros e corpos hídricos. Dessa forma, a cobertura e uso da terra referida foi utilizada como dado amostral para o ano de 2010, nesse trabalho.

Para o ano de 1983, a técnica de interpretação visual foi aplicada, com a utilização das aerofotos de 1983, cuja articulação é composta por 72 pranchas digitalizadas e georreferenciadas, em tons de cinza, com escala de levantamento de 1:3800 e resolução de *raster* de 1 metro (Menon Júnior et al., 2016).

Utilizaram-se metodologias cartográficas para identificação, classificação e interpretação geográfica e histórica desses terrenos tecnológicos. Para os anos de 1983 e 2010-2011 foram utilizadas folhas topográficas em arquivo digital (Formato de Arquivo de Imagem com Tags - TIFF), na escala de 1: 50.000, disponibilizadas pelo site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Ewbank da Câmara (SF-23-XC-VI-2) de 1976; Juiz de Fora (SF-23-X-D-IV-1) de 1975; Mar de Espanha (SF-23-X-D-IV-4) de 1983; Matias Barbosa (SF-23-X-D-IV-3); Santa Bárbara do Monte Verde (SF-23-X-C-VI-4) de 1976 e São João Nepomuceno (SF-23-X-D-IV-2) do ano de 1975.

Em ambiente computacional, por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), desenvolveu-se um banco de dados fundamental para construção dos mapas apresentados. O *software* utilizado foi ArcGIS Desktop® 10.5 por apresentar características técnicas relevantes no gerenciamento das bases geoespaciais, representadas por modelos matriciais fundamentais para criação das categorias de feições reconhecidas, sendo representadas por simbologias gráficas de polígonos, li-

nhas e/ou pontos, de acordo com a tipologia adequada para cada elemento analisado.

A partir das ferramentas disponíveis pelo aplicativo *ArcCatalog*, foi criada uma pasta de arquivo denominada Base Cartográfica, com subpastas de conjuntos de classes de feições para a representação de arquivos em extensão *shapefile* e outra para dados matriciais, que agrupou as imagens de satélite, os dados dos intervalos da declividade, hipsometria, relevo sombreado, modelo digital de elevação, unidades pedológicas e classes de vegetação.

Antes da fase de identificação e mapeamento geomorfológico em si, foi necessária a manipulação das folhas topográficas obtidas, pois o sistema de referência não correspondia ao sistema de coordenadas vigente. Para tanto, esses materiais foram georreferenciados no *software* ArcGIS tendo como base o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), seguindo a orientação do Decreto nº 5.334, de 6 de janeiro de 2005 (IBGE, 2015) pelo Mapa Índice Digital (MDI).

A etapa seguinte consistiu na exclusão dos dados textuais, gráficos e de desenhos das partes superior, inferior e laterais dos documentos. A técnica utilizada para isso foi a criação de um *shapefile* do tipo polígono e no caminho disponível através do *ArcToolbox*>*Spatial Analyst*>*Extração*>*Extrair por Máscara*. Em seguida, foi aplicada a técnica de formação de mosaico com o material disponível, almejando um arquivo único contendo esse tipo de informação. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *ArcToolbox*>*GerenciamentodeDados*>*Raster*> *Conjunto de Dados Raster*>*Mosaico*.

Ademais, foram utilizados os dados topográficos disponibilizados pelos modelos de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) na versão -1 *Arc -Second Global*, para o reconhecimento e delimitação dos tipos genéticos de modelados, de acordo com as características definidas por Marques Neto et al. (2017), baseadas nos níveis taxonômicos propostos para o 4º táxon pelo IBGE (2009): agradação (A) – feições fluviais, lacustres, marinhas ou lagunares, feições nas quais os processos de acúmulo de sedimentos são maiores do que os processos erosivos; dissecação homogênea (D) – bacia hidrográfica do rio Paraibuna, podem ser caracterizados por declives médios entre 6% e 30 % e morfologias mamelonares dissecadas pelo intenso retrabalho erosivo das coberturas superficiais argilosas que se desenvolvem sobre um substrato de litologias diversas

(Eduardo et al., 2017); e dissecação em Controle Estrutural (DE) - feições associadas a declividades superiores a 30%, como cristas e serras, cujos embasamentos geológicos oferecem maiores resistências aos agentes exógenos.

Aos polígonos identificados foi dado o tratamento morfométrico, com base em dados topográficos, por meio dos parâmetros de dimensão interfluvial e profundidade de dissecação, seguindo a abordagem de Nunes et al. (1995). A dimensão fluvial foi obtida manualmente pela ferramenta "régua", disponibilizada pelo *software* ArcGIS, e permitiu o cálculo da distância existente entre dois canais fluviais paralelos ou semiparalelos ou entre pontos de afloramento hídrico, a partir da base cartográfica digital na escala de 1:50.000; enquanto o cálculo da amplitude altimétrica é definido pela diferença entre o valor da curva de nível superior e o valor da curva de nível correspondente ao fundo de vale de referência. A interpretação desses dois parâmetros morfométricos foi feita por meio de uma matriz binária de dissecação, sendo a dimensão interfluvial variando de 1 a 5 e, quanto maior o valor, menor a extensão interfluvial entre as drenagens da unidade. Enquanto o aprofundamento da drenagem, a variação é de 1 a 5 e, quanto maior o dígito, maior a profundidade de entalhamento (Cunha, 2012).

Com a finalização do trato morfométrico, a próxima etapa refere-se à classificação das feições de relevo, segundo proposta de Ponçano et al. (1981) – Tabela 1. A nomenclatura do conjunto de sistemas de relevo foi adaptada às características da bacia hidrográfica do rio Paraibuna, de acordo com o consórcio entre os componentes de profundidade de dissecação (amplitude local) e a declividade das vertentes.

TABELA 1 – Conjuntos de Sistemas de Relevo.

TABLE 1 – Relief system assemblages.

<i>Conjunto de sistemas de relevo</i>	<i>Declividades predominantes</i>	<i>Amplitudes locais</i>
Planície, terraços, rampas	0 a 15 %	–
Colinoso	6 a 15%	<100 m
Morros com encostas suavizadas	0 a 15 %	100 a 300 m
Morrotos	> 15 %	< 100 m
Morros	> 15 %	100 a 300 m
Serras/Cristas	> 30 %	>300 m

Fonte: Eduardo (2018). Source: Eduardo (2018).

O reconhecimento de feições de relevo tectonogênicas foi efetivado através do emprego de imagens de satélite e utilizando-se a abordagem interpretativa provinda da Geomorfologia Retrospectiva e/ou Evolutiva a partir de dados e informações referentes ao ano mais antigo analisado (inicial), uma fase intermediária (média) e a fase de consolidação e continuidade das alterações.

Para essa fase foram utilizados os seguintes materiais: a) plantas cadastrais de 1949 (Ribeiro, 1949) na escala de 1:1.000; b) folhas topográficas (IBGE) na escala 1:50.000, para toda área de estudo; c) aerofotos de 1983 (Prefeitura de Juiz de Fora); na escala de 1:10.000; d) imagem de satélite de 2010-2011 (Prefeitura de Juiz de Fora) com resolução espacial de 60 cm; e) acervo fotográfico.

O material utilizado para a fase inicial correspondeu às plantas cadastrais municipais, na escala de 1:1.000, que compõem o "Projeto de Remodelação e Extensão da Cidade de Juiz de Fora" elaborado pelo engenheiro Saboya Ribeiro em 1949. Esse projeto apresenta informações relevantes sobre o planejamento urbanístico do município de Juiz de Fora, cujo detalhamento permitiu reconhecer várias alterações no leito do rio Paraibuna, em seu percurso original.

As aerofotos de 1983 foram utilizadas para interpretação da fase ativa (média). Esse material abrange aproximadamente 80% da cobertura espacial da bacia hidrográfica em escala de 1:10.000, cujo detalhamento auxiliou na identificação dos processos e formas dos terrenos tectonogênicos. Foram utilizadas as imagens disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* do ano de 1985, para as áreas do alto e parte do baixo curso, em complemento às aerofotos de 1983.

As fotografias aéreas de 1983 da Prefeitura de Juiz de Fora e de 1985 do *Google Earth Pro* referem-se às interpretações e observações identificadas em uma fase de intensa perturbação no relevo, na qual muitos processos antrópicos já estavam estabelecidos e outros foram sendo criados, evidenciando a dinâmica do próprio processo histórico da sociedade na construção da paisagem.

Para a análise e interpretação dos processos ocorridos em uma das últimas fases de intensa intervenção, foram utilizadas as imagens de satélite adquiridas pela Prefeitura de Juiz de Fora (2011), cujo mosaico é composto por imagens do satélite *QUICKBIRD* pelo *Word-View-2*, com faixas temporais para o ano de 2010 e 2011. Essas imagens

foram adequadas, devido à qualidade da resolução espacial em 60 cm, proporcionando o exame detalhado das feições de relevo tecnogênico almejadas.

Após a identificação das modificações do/no relevo através do emprego da Cartografia Retrospectiva/Evolutiva passou-se para a etapa de reconhecimento, classificação das feições de relevo e intervenções tecnogênicas. A classificação utilizada das formas de relevo tecnogênico apoia-se nos pressupostos da ciência geomorfológica, mais especificamente, na produção do conhecimento sistematizado do que se denomina *Triade Geomorfológica* (formas, materiais e processos) proposta por Moura et al. (2023).

Dentro dessa proposta, a morfologia antropogênica é constituída de formas criadas diretamente pela agência humana (Tecnoformas) e de formas induzidas pela agência humana (Geotecnoformas). Enquanto as Equiformas Tecnogênicas referem-se a situações em que a morfologia original se apresenta conservada, porém com alteração dos materiais devido a modifi-

cações físicas (revolvimento *in situ*) ou químicas pela agência humana (Moura et al., 2023).

Tais autores consideram que há três categorias de contextos geomorfológicos em que as formas tecnogênicas podem ser elaboradas (Tabela 2): a) Elevações ou Superposições Tecnogênicas – estão relacionadas à dinâmica morfológica aditiva, resultante da acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta; b) Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas – feições de relevo referentes a dinâmicas subtrativas, levando a perda e exportação de material; c) Corrugações e Equiformas Tecnogênicas – que dizem respeito a uma dinâmica conservativa, sem aporte ou exportação de material na superfície, mas com modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno, em superfície ou em profundidade e d) Equiformas Tecnogênicas – identificadas pelo aspecto morfográfico.

As Elevações ou Superposições Tecnogênicas têm ainda dois níveis de análise que ocorrem em função da ação humana dire-

TABELA 2 – Categorias e tipos de formas de relevo tecnogênicas derivadas da agência humana, sua expressão no terreno e aspectos morfogenéticos de sua elaboração.

TABLE 2 – Categories and types of technogenic landforms derived from human agency, their field expression and morphogenetic aspects of their formation.

<i>Formas de relevo tecnogênicas</i>			
<i>Morfologia</i>		<i>Expressão No terreno</i>	<i>Morfogênese</i>
<i>Categorias (1º nível)</i>	<i>Tipos (2º nível)</i>		
<i>Elevações e superposições tecnogênicas</i>	Tecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos construídos	Acréscimo direto de material
	Geotecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos induzidos	Acréscimo induzido de material
<i>Cicatrizes e depressões tecnogênicas</i>	Tecnoformas de Escavação	Cicatrizes tecnogênicas escavadas	Retirada direta de material
	Geotecnoformas de Denução	Cicatrizes ou depressões tecnogênicas induzidas	Movimentação ou erosão induzida de material
<i>Corrugações tecnogênicas</i>	Tecnoformas de Turbação	Formas associadas a terreno revolvido	Movimentação direta de material dentro do próprio sítio
<i>Equiformas tecnogênicas</i>	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície	Formas associadas a solos tecnogênicos	Modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno em superfície
	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade	Maciço tecnoturbadado	Modificação direta na composição ou estrutura física do terreno em profundidade

Fonte: MOURA et al. (2023). Source: Moura et al. (2023).

ta (Tecnoformas de Acumulação) ou da ação humana indireta (Geotecnoformas de Acumulação). As Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas podem também ocorrer em função da ação humana direta (Tecnoformas de Escavação) ou indireta, constituindo as Geotecnoformas de Denudação. As Corrugações Tecnogênicas referem-se a morfologias ligadas a terrenos revolvidos pela movimentação direta de materiais *in situ*, sendo denominadas de Tecnoformas de Turbação. As Corrugações Tecnogênicas referem-se a morfologias ligadas a terrenos revolvidos pela movimentação direta de materiais *in situ*, sendo denominadas de Tecnoformas de Turbação. Por sua vez, as Equiformas Tecnogênicas correspondem a formas não modificadoras da morfologia de superfície, como àquelas em ambientes de percolação de fluidos, nos quais os solos recebem irrigações ou técnicas de correções agrícolas. Ainda, nessa categoria de feição de relevo tecnogênico estão as alterações produzidas por construções subterrâneas diversas, tipificadas pelas linhas de metrô, túneis e sistemas de abastecimento variados, como gás, óleo, etc., de acordo com os estudos de Moura et al. (2023). Desse modo, os processos das formas mencionados derivam de alterações mecânicas ou químicas dos terrenos em superfície, ou ainda como formas derivadas em maciços tecnoturados, quando ocorrem em profundidade. Assim, são derivadas de alterações mecânicas ou químicas das coberturas pedológicas (Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície) ou em profundidade, como é o caso dos maciços tecnoturados (Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade).

A terceira e quarta colunas da Tabela 2 referem-se à expressão no terreno e morfogênese das feições de relevo tecnogênicas e a proposta apresentada faz alusão ainda a representatividade e importância de tais feições em distintas escalas temporal e espacial, considerando suas dimensões e escala de representação. Sendo assim, a morfologia tecnogênica pode tanto apresentar expressão espacial de dimensão areolar quanto linear. No grupo de elementos areolares, temos os seguintes exemplos: Patamares – superfícies relativamente planas criadas por remanejamento dos materiais superficiais, limitados ou não por degraus de cortes e rampas de aterros; Recobrimentos tecnogênicos de vertentes – formas de acumulação geradas por depósitos tecnogênicos coluviais; Morros, morrotes e colinas tecnogênicas – resultantes de acumulação de material tecnogênico; Pilhas e

montículos tecnogênicos – acumulações de material tecnogênico em contextos de áreas de disposição de resíduos, de mineração, industriais, urbanos etc.; Diques e barragens – estruturas construídas com a finalidade de conter ou armazenar água ou outros materiais deposicionais, em diversos contextos; Cicatrizes de movimentos gravitacionais de massa – marcas no terreno originadas por escorregamentos, fluxos de detritos, queda de blocos etc., de caráter induzido; Cicatrizes de mineração - cavas ou outras rupturas topográficas produzidas pela extração mineral; Degraus de corte – superfícies com declividades acentuadas formadas pela retirada de materiais por cortes no terreno, com rupturas de declive; Rampas de aterro – áreas com declividades variáveis formadas pela acumulação direta de materiais superficiais; Planícies fluviais tecnogênicas – formadas pelo assoreamento do eixo fluvial por materiais de origem tecnogênica; Terraços tecnogênicos – formas sustentadas por depósitos tecnogênicos-sedimentares de caráter induzido e posteriormente entalhadas pelo canal fluvial; Leitões fluviais tecnogênicos – depósitos fluviais atuais formados pelo acúmulo induzido de carga sedimentar.

Já no grupo dos elementos lineares, tem-se: Arruamentos, linhas férreas, linhas de transmissão etc.; Rupturas de declive por corte – correspondem à ruptura de declive dada pela criação de taludes ou degraus de cortes no terreno; Rupturas de declive por aterro – correspondem ao limite superior das rampas de aterros sobre os terrenos; Sulcos, ravinas e voçorocas – feições erosivas originadas por escoamento concentrado e canais, valas e trincheiras – feições de escavação com dimensão de comprimento e profundidade pronunciadas.

As equiformas tecnogênicas identificadas em 1983 estão associadas as coberturas e uso da terra de florestas e pastagens. Um dos pontos identificados como equiformas são as barragens da *Nexa Resources* (2021), na região noroeste da bacia do rio Paraíba. No mapeamento realizado para 2010-2011, as equiformas são identificadas em diferentes setores da bacia, em coberturas de pastagens e/ou próximas as áreas florestadas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio dessa explanação delineou-se as ímpares faces para a interpretação das feições de relevo tecnogênicas para a área de estudo, ressal-

tando que esse levantamento, identificação, classificação e organização construída, aqui apresentada por meio de mapas, bem como os resultados alcançados, configuram-se em caráter inédito, não existindo anteriormente mapeamento prévio para as tipologias de feições tecnogênicas na bacia hidrográfica do rio Paraibuna.

As intervenções tecnogênicas mapeadas referem-se a retificações em rios, aterros para a implantação de áreas residenciais, industriais e comerciais, remoção de material para o uso na mineração, acumulações em barragens de rejeito e ampliação de vias de acesso.

A Figura 5 representa a distribuição dos seguintes pontos de intervenção tecnogênicas estudadas: Aterros no bairro Parque das Torres; Bairro Jardim Pedras Preciosas; ETE União-Indústria; PCH Joasal; Pedreira Santo Cristo; Petra Agregados; Retificação rio Paraibuna Distrito Industrial; Aeródromo Dr. Saulo Villela; Áreas agrícolas do Grama; Aterros na Praça Antônio Carlos; Aterros no bairro Industrial/São João; Aterros no Mariano Procópio; Barragem da Represa de Chapéu D'Uvas; Barragens *Nexa Resources* (2021); Destinação dos resíduos sólidos; Garganta do Dilermando; Mineração Morro Alto; Morro do Alemão (Borboleta); Pedreira Santa Mônica; Pedreira Santo Cristo e Retificação Av. Brasil (Albert Sabin).

Quanto à distribuição das feições tecnogênicas, a Figura 6 apresenta a espacialização dessas formas para o ano de 1983. Esse mapa retrata, em sua maior parte, as feições tecnogênicas de ação direta, como processos de intervenção agradacionais, denudacionais, de turbação e equiformas.

Ao longo da planície fluvial do rio Paraibuna, identifica-se o predomínio de feições tecnogênicas resultantes de escavações, aterros, remobilização de depósitos induzidos, que foram construídos sobre terrenos naturais e/ou com pouca interferência antrópica.

A identificação de feições tecnogênicas, relacionadas a intervenções em forma de segmentos lineares até o ano de 1983, reflete a ação da expansão urbana através de vetores de ocupação com abertura da estrada União e Indústria, na parte do baixo curso, do eixo articulado entre as avenidas Barão do Rio Branco, Getúlio Vargas e Presidente Itamar Franco, que direcionavam o núcleo urbano pelos eixos leste-sul da bacia. Já as feições de segmentos lineares da avenida Rui Barbosa e Garganta do Dilermando que compõem o acesso à porção nordeste da bacia, e os demais

trechos rodoviários da BR-040, da BR-267 e avenida Juscelino Kubitschek foram gerados através de aterros e diversos cortes para a implantação das vias de ligação intermunicipal. A pista do Aeroporto da Serrinha, a passagem da linha férrea e as estradas de acesso configuram-se, portanto, como feições tecnogênicas em forma de segmentos lineares.

No ano de 1983, nas formas tecnogênicas de segmentos lineares, identificou-se a remobilização de materiais, de agência indireta do tipo geotecnogênicas, induzidas por processos de deslocamento de materiais, cujas mudanças topográficas estão associadas à escavação em vertentes íngremes, gerando cortes e feições de patamares no terreno.

As equiformas tecnogênicas de 1983 expressam-se pelos horizontes de solos alterados, destinados às práticas agrícolas. Essas áreas estão dispersas em pequenos setores pela bacia do rio Paraibuna. Por sua vez, os horizontes de solos compactados e/ou revolvidos pela plantação de eucalipto localizam-se na porção norte da bacia.

Para o mapeamento referente a imagem de satélite dos anos 2010-2011 (Figura 7) pode-se identificar feições de relevo tecnogênicas de ação direta, proveniente da consolidação do adensamento da expansão urbana na planície fluvial do rio Paraibuna. Com isso, novas feições de segmentos lineares foram introduzidas, como a rede de dutos de pressão subterrâneos para a distribuição de gás natural veicular, por exemplo.

A expansão do plantio de eucalipto, a partir desse período, produziu alterações *in situ* de materiais, gerando uma maior quantidade de tipologias na classe de equiformas tecnogênicas, cujos terrenos possuem horizontes de solo compactados e/ou revolvidos, os quais foram mapeados por polígonos, com o uso do geoprocessamento. Identificou-se ainda, terrenos escavados a partir de cortes em taludes que margeiam feições tecnogênicas de segmentos lineares, bem como as feições de corrugações tecnogênicas estão marcadas por tipologias erosivas em áreas de pisoteio de gado, associadas a cobertura e uso da terra destinado para pastagem.

Dentre as intervenções estudadas, foram selecionados alguns pontos como o Morro do Alemão, Pedreira Santo Cristo e Aterro na Praça Antônio Carlos, que são locais com modificações tecnogênicas típicas na paisagem da área de estudo.

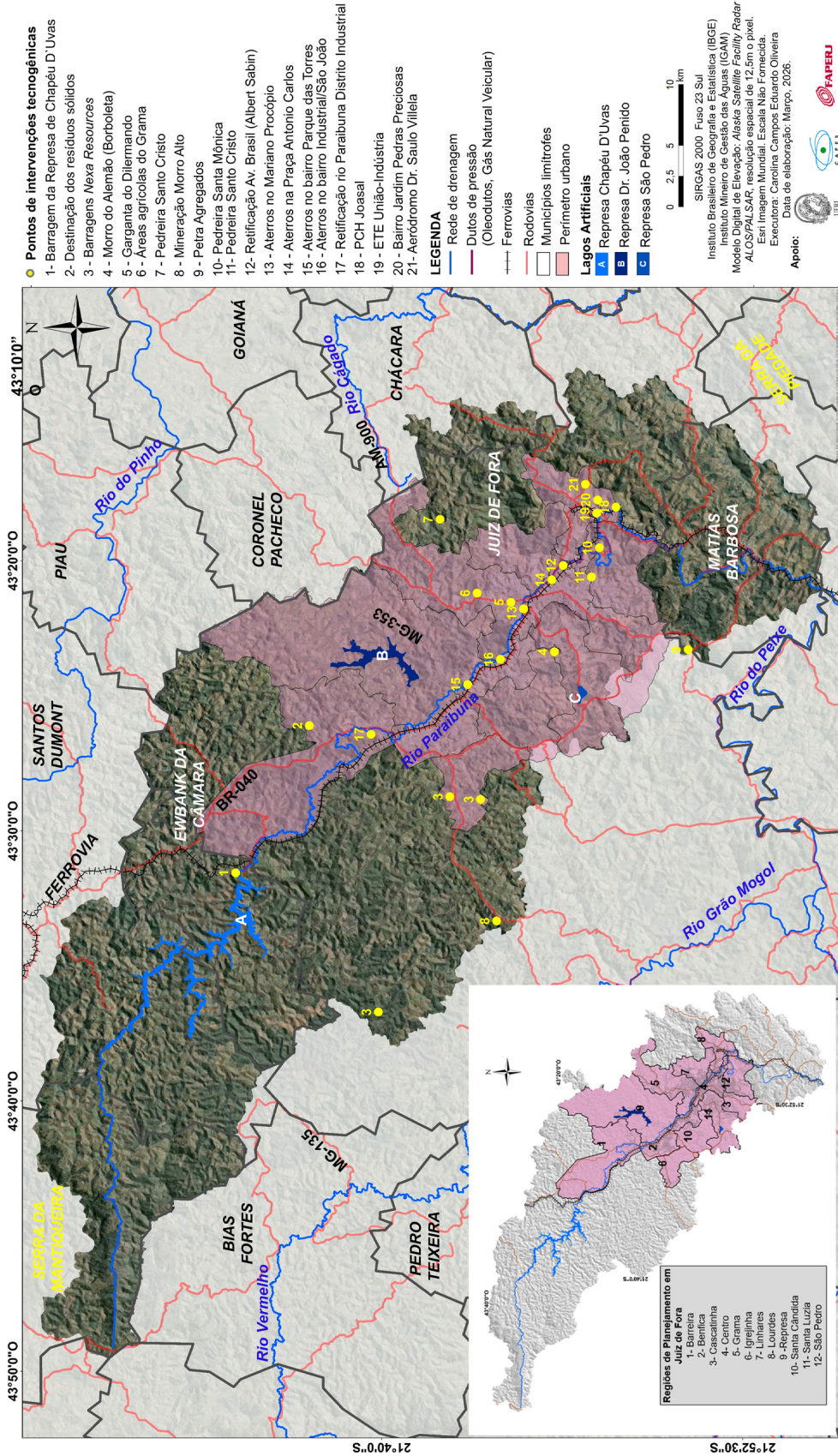


FIGURA 5 – Distribuição espacial das intervenções tecnológicas estudadas na bacia hidrográfica do rio Paraibuna.

FIGURE 5 – Distribution of the technogenic intervention sites studied in the Paraibuna River watershed.

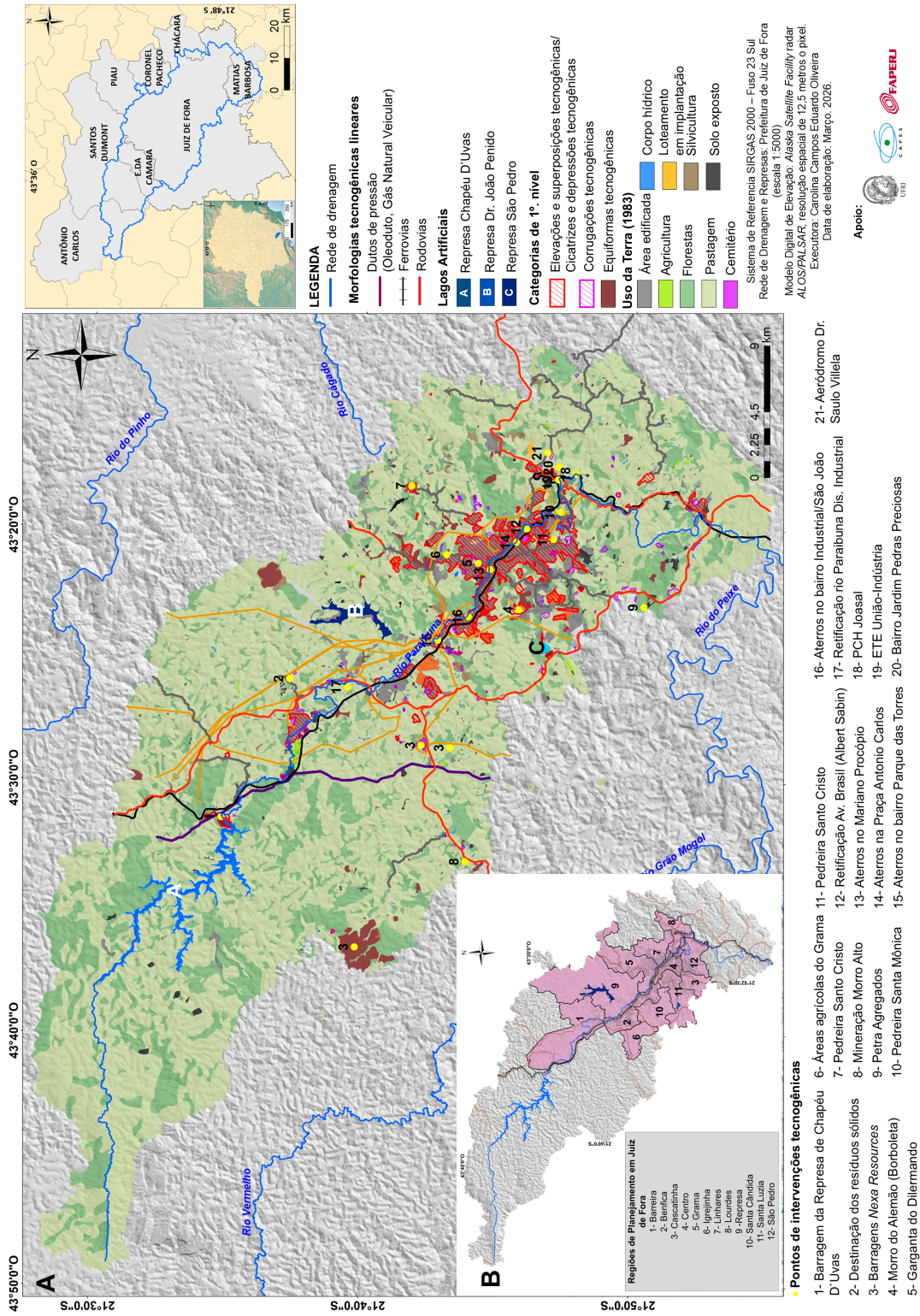


FIGURA 6 – A) Mapa de feições tecnológicas na bacia hidrográfica do rio Paraibuna em 1983. B) Mapa das Regiões de Planejamento no município de Juiz de Fora. FIGURE 6 – A) Map of technogenic features in the Paraibuna River watershed in 1983. B) Map of Planning Regions in the municipality of Juiz de Fora...

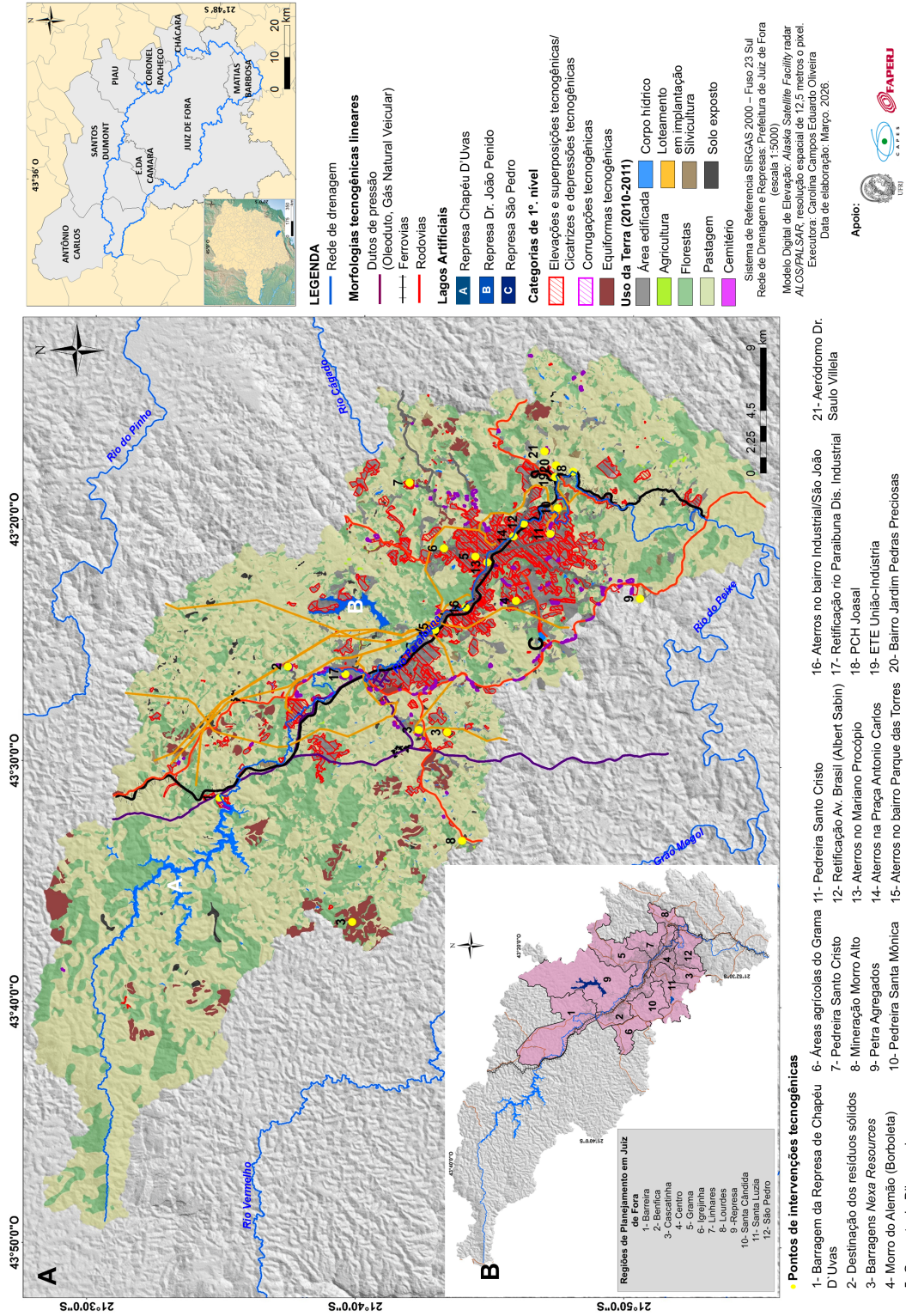


FIGURA 7 – A) Mapa de feições tecnológicas na bacia hidrográfica do rio Paraíba em 2010-2011. B) Mapa das Regiões de Planejamento no município de Juiz de Fora. FIGURE 7 – A) Map of technogenic features in the Paraíba River watershed in 2010-2011. B) Map of Planning Regions in the municipality of Juiz de Fora.

O Morro do Alemão (bairro Borboleta, Juiz de Fora) está representado pela Figura 8 (1A, 1B, 1C, 1D). A Figura 8(1A) representa a fotografia aérea de 1983, na qual observa-se o Morro do Alemão com o topo aplainado, diversos sulcos erosivos nas vertentes, devido aos cortes de terraplanagem. Em 1983, a feição de relevo classifica-se como uma feição de relevo geotecnogênica de denudação, com deslocamento de materiais superficiais, correspondendo à tipologia de terrenos marcados por feições erosivas. Na figura 8(1B) são identificados os Modelados de Dissecação Homogênea (D) – morros e morrotes (Dmmr), cujos topos foram aplainados por processos tecnogênicos e vertentes convexas a retilíneas e colinas arredondadas e Modelados de Dissecação em Controle Estrutural de cristas rebaixadas e morros alinhados (DE) (Eduardo, 2018).

Na Figura 8(1C) estão representadas as feições tecnogênicas identificadas em 2010-2011, em que majoritariamente há expansão complexa de terrenos tecnogênicos, resultantes de aterros ou remobilização de materiais anteriores, pela abertura de vias de acesso e a impermeabilização dessas por calçamento seguido de asfaltamento. Emerge ao norte da figura, feições geotecnogênicas de denudação, provenientes de processos indiretos, como a abertura da via de acesso, cortes e remoção da cobertura arbórea ao longo do tempo.

O ponto de intervenção da Pedreira Santo Cristo Indústria e Comércio Ltda. (Figura 8 – 2A, 2B, 2C, 2D) é uma intervenção tecnogênica, cujas atividades estão relacionadas ao beneficiamento e comercialização de material britado, utilizado na construção civil. A aerofoto de 1983 (Figura 8-2A) destaca o afloramento rochoso no morro com a atividade de extração mineral, que formou uma cava de mineração, inserida como uma feição tecnogênica denudacional de terreno escavado. Observam-se na Figura 8(2B) feições geomorfológicas do modelado de Dissecação Homogênea (D) – morro (Dm) alinhadas em uma cota de 918 m e o fundo de vale do afluente em uma cota de 820 m. A caracterização desse ponto (Figura 8-2C) pode ser observada na imagem de satélites do ano de 2010-2011, onde as feições tecnogênicas sofreram poucas alterações, compondo a paisagem em processos de fase tardia, em relação aos efeitos de perturbação. A visualização da Pedreira Santo Cristo é evidenciada na Figura 8(2D), em uma vista frontal do empreen-

dimento e com vista parcial do substrato modificado para uso agrícola.

Por sua vez, o ponto de intervenção da Praça Presidente Antônio Carlos (Figura 8 - 3A, 3B, 3C, 3D), está inserido na área central do município de Juiz de Fora, na planície fluvial do rio Paraibuna e classificada como feição complexa. Esta praça está relacionada à ocupação desse setor da cidade, por volta da década de 1890. Para instalação dos trilhos da antiga Estrada de Ferro Central do Brasil foram realizadas obras de escavação e terraplanagem, as quais culminaram em alterações na paisagem causadas pelo aterramento de um dos meandros do rio Paraibuna (Brasil, 2013).

A Figura 8(3A) mostra a planície fluvial no ano de 1983 com poucas áreas verdes nesse trecho da malha urbana de Juiz de Fora, com intenso processo de urbanização. Na Figura 8(3B) as feições geomorfológicas destacam-se como Modelado de Agradação (A) com a planície fluvial do rio Paraibuna, Modelado de Dissecação Homogênea (D) em feições de morros tecnogênicos complexas, cujas vertentes são ocupadas para uso residencial e comercial, assim como *hollows* tecnogênicos e o Modelado de Dissecação Homogênea em Controle Estrutural (DE), representado pelas cristas alinhadas com vertentes impermeabilizadas. Na Figura 8(3C) observam-se feições tecnogênicas identificadas em 2010-2011, cuja propriedade em destaque é o adensamento urbano nos terrenos antropogênicos da porção média do rio Paraibuna. Observam-se esse mesmo processo nos morros no entorno, os quais compõem uma paisagem cada vez mais impermeabilizada e adensada pelas edificações.

Em termos gerais, foi também possível identificar como o sistema geomorfológico fluvial foi influenciado pelos mecanismos de alteração da paisagem. Alterações diretas derivadas da retificação do rio Paraibuna, seguida de inúmeros aterros em sua planície fluvial, evidenciaram a diminuição dos meandros ao longo do canal. O alto curso teve menor interferência tecnogênica em relação, principalmente, ao avanço da expansão urbana. Constitui-se de um conjunto de feições morfológicas de Dissecação Homogênea de morros e morrotes, onde o rio é bem encaixado e em área sobre ocorrência de florestas fragmentados associadas a pastagens, e de geoformas de substrato modificado, que se sobressaem nesse trecho da bacia, onde as florestas foram retiradas para uso de pastagens e/ou expansão da silvicultura.

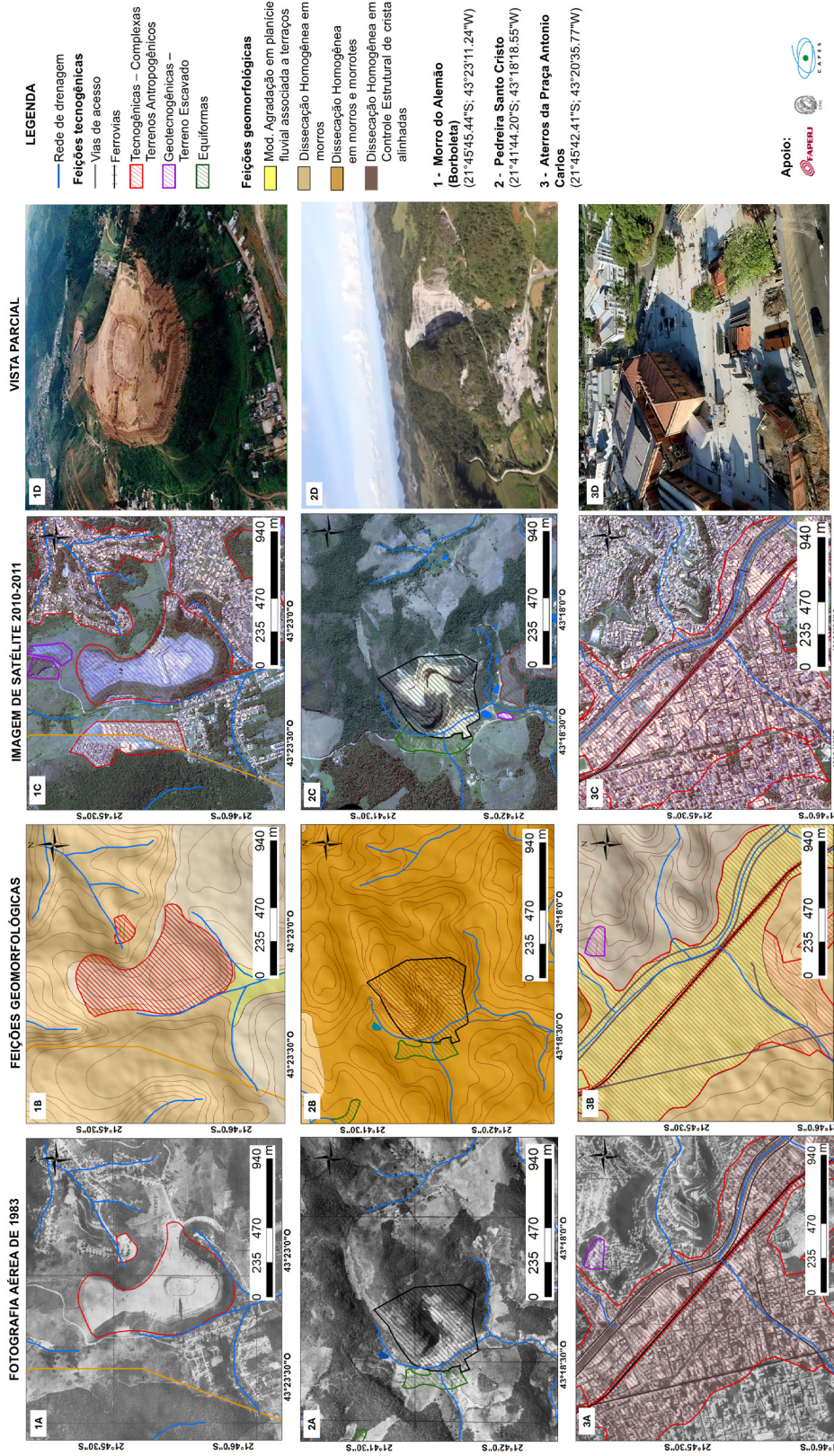


FIGURA 8 – Localidades do Morro do Alemão (1), Morro Pedra Redonda (2) e Praça Antonio Carlos (3) representadas por fotografias aéreas de 1983 (A - fonte: Prefeitura de Juiz de Fora, 2019), feições geomorfológicas (B - fonte: Eduardo, 2018), imagens de satélite dos anos 2010-2011 (C) e vistas panorâmicas (D). Fonte das fotos das vistas panorâmicas: 1D (evidenciando o topo retilíneo e as cicatrizes erosivas ativas) - Flavio Cheker (2011), 2D - Pedreira Santo Cristo (2015), 3D - Felipe Couri (2023).

FIGURE 8 – Locations of Morro do Alemão (1), Morro Pedra Redonda (2) and Praça Antonio Carlos (3) represented by aerial photographs of 1983 (A - Source: Juiz de Fora, 2019), geomorphological features (B - Source: Eduardo, 2018), satellite imagery from 2010–2011 (C) and panoramic views (D). Sources for the panoramic views: 1D (highlighting the rectilinear crest and active erosive scars) - Flavio Cheker (2011), 2D - Pedreira Santo Cristo (2015), 3D - Felipe Couri (2023).

Desse ponto em diante, o rio Paraíba foi represado com a construção da barragem da Represa Chapéu D'Uvas, constituindo-se como uma intervenção tecnogênica que alterou seu percurso, principalmente, a jusante do muro de contenção da barragem.

A planície fluvial do rio Paraíba, nos setores próximos a Chapéu D'Uvas, Jockey Club e Distrito Industrial, tem seu trajeto descaracterizado pelas inúmeras escavações, seções de cortes que provocaram remobilização do material e geração de níveis de terraços. Ainda nesse setor, o rio Paraíba sofre retificação, e vai se conformando como um “novo” canal cuja dinâmica deposicional e de transporte foi alterada.

Outro segmento relevante está localizado no Bairro Industrial. Esse trecho do rio foi alterado pelos aterros e mudança no trajeto do rio, com vários meandros abandonados e acúmulo de sedimentos, localizados majoritariamente na margem esquerda do rio.

No Distrito Industrial, o rio Paraíba teve seu percurso aterrado e construído um novo setor de “canal tecnogênico”. Esta intervenção ocorreu devido à influência econômica, política e administrativa para implantação do pátio da fábrica da Mercedes-Benz, além de diversos aterros na planície do rio Paraíba, além de cortes nas vertentes próximas.

A retificação do rio Paraíba no trecho do Canal Howyan, consubstanciou uma alteração significativa na porção média da bacia. Essa alteração promovida diminuiu a ocorrência de transbordamentos no centro do município de Juiz de Fora. Com o aterramento do antigo leito e geração de um novo canal, o uso e cobertura da terra alteraram significativamente nessa área, pois está fora da área ocupada por processos urbanos e novas dinâmicas de vertente e da planície fluvial.

O baixo curso do Paraíba apresentou, dentre outras intervenções tecnogênicas representadas pela instalação da Usina Zero de Marmelo e da PCH de Joasal. Ambas, provocaram o represamento do rio nos diferentes níveis de base local, representados pela presença de inúmeros blocos, ocorrência de falhas e contexto litológicos diferenciados.

## 5 CONCLUSÕES

Em termos gerais, considera-se que a abordagem da Cartografia Retrospectiva/Evolutiva foi fundamental para o reconhecimento das al-

terações na paisagem e, portanto, essencial para a identificação, classificação e mapeamento das categorias de feições de relevo tecnogênicas.

Acredita-se ser esse o caminho mais adequado para apreender a história das transformações da paisagem advindas das atividades humanas e que possam, ao mesmo tempo, subsidiar políticas e estratégias de uso futuro mais adequados para terrenos já, historicamente, tão alterados pela ação humana.

Desse modo, a classificação de feições de relevo tecnogênicas, a partir da abordagem da cartografia retrospectiva/evolutiva, apresentada para os anos de 1983 e de 2010-2011, permitiu estabelecer a análise das alterações da morfologia “original” para feições de relevo tecnogênicas.

Ressalta-se, também, que a possibilidade de realização do mapeamento em escala local de detalhe (1:5.000) foi indispensável para identificar, classificar e categorizar as classes das feições tecnogênicas com maior acurácia. E permitiram a construção de distintos cenários de intervenção tecnogênica ao longo da bacia, evidenciando a heterogeneidade da ação humana na composição da paisagem.

Em relação especificamente ao longo da bacia do rio Paraíba destaca-se que o quadro geográfico observado, a partir da identificação das feições de transformação, permitiu identificar a geração de tipos de relevo tecnogênicos (tecnofomas), geotecnogênicos (geotecnofomas), tecnofomas e equiformas.

Esses tipos de relevos contemporâneos revelam a sua gênese, considerando os elementos de forma, processo e material constituinte do terreno. Nessa gênese está impressa a atuação da agência humana, a qual produz uma morfogênese específica direta ou indiretamente relacionada à sua atuação.

Na classificação do relevo tecnogênico a forma é um fundamento essencial, pois esta associa-se aos processos de acumulação (agradacional) e/ou de subtração (denudacional). Nesse ponto, a identificação e as classes sugeridas para essas formas compreendem a noção de que neste tipo de mapeamento não se teve o caráter geocronológico ou cronoestratigráfico, uma vez que a aplicação de técnicas da estratigrafia não foi empregada.

Em relação aos tipos de relevo das categorias de corrugações e equiformas, a partir dos materiais disponíveis para esse trabalho, foram os níveis que apresentaram maior dificuldade pa-

ra identificar sua expressão no terreno, bem como sua morfogênese na dinâmica da paisagem, reconhecendo-se o quanto é necessária a realização de estudos que aprimoram a estratigrafia desses materiais e perfis correlatos. Desse modo, pautou-se em trazer aspectos dentro de uma abordagem em escala mais abrangente, discutindo pontos sobre as interferências ambientais, sociais e mesmo culturais na conformação da paisagem tecnogênica da bacia hidrográfica do rio Paraibuna. Contudo, por diversas vezes nas visitas de campo, foram constatados materiais, em sua maioria, advindos da construção civil e de uso doméstico, e sua importância na constituição de determinadas feições de relevo.

A atividade humana e sua associação a tipos de feições de relevo tecnogênico de maior expressividade são atribuídos a períodos anteriores à imagem fornecida pela fotografia aérea de 1983, como as ações de retificações, aterros e cortes no rio Paraibuna, bem como canalizações em seus afluentes, identificadas por meio das plantas cadastrais, folhas topográficas e fotografias antigas, como fontes históricas. Contudo, a ausência de imagens aéreas que abrangessem as condições da bacia anteriores a essas transformações dificultou a classificação desse estágio inicial, anterior ao ano de 1983.

Já a aerofoto de 1983 constituiu-se como documento cartográfico fundamental, fonte capaz de fornecer dados referentes ao estágio ativo (médio) de alterações na paisagem. E, deste modo, permitiu documentar intervenções posteriores aos estágios iniciais dos processos urbanos, especificamente, no município de Juiz de Fora.

A imagem de satélite de 2010-2011 deu aporte a compreensão do estágio tardio das modificações na paisagem. Muitas obras de infraestruturas do período estudado anteriormente foram consolidadas como as barragens de rejeito industrial da *Nexa Resources* (2021), assim como novos processos de ocupação e, conseqüentemente, geração de outras formas tecnogênicas, como a construção do aeródromo Dr. Saulo Vilella e cortes e aterros na construção da rodovia BR-440.

## 6 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG-UFRJ) por todo apoio durante o curso de doutorado e pelo auxílio financeiro para realização das atividades de campo e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio de Janeiro

(FAPERJ) pela concessão da Bolsa de Doutorado Nota 10 (DSC-10). Estendemos também os agradecimentos aos relatores da Revista Derbyana pela cuidadosa revisão do texto e das figuras.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ampar/Cimpar. (2021, 10 de maio). *Matias Barbosa: bem-estar para a comunidade*. Tribuna de Minas. <https://tribunademinas.com.br/especiais/publieditoria/10-05-2021/matias-barbosa-bem-estar-para-a-comunidade.html>
- Araújo, J. P. C., Castro, T. G. S., Silva, A. C., Machado, P. J. O., & Zaidan, R. T. (2009). Aplicação de métodos e critérios para a determinação de rio principal: o caso da bacia hidrográfica do rio Paraibuna. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 5, 131–148. <https://www.researchgate.net/publication/352000864>
- Barcelos, E. A. S. (2019). Antropoceno ou capitaloceno: da simples disputa semântica à interpretação histórica da crise ecológica global. *Revista de La Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 31(1), 1–17. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/361039/457973>
- Brandão, M. G. L. (2011). Prefácio. In Saint-Hilaire, A. *Quadro geográfico da vegetação primitiva na província de Minas Gerais* p. 11–12. <https://www.ufmg.br/mhnb/ceplamt/wp-content/uploads/2014/02/QuadroGeografico-PROVA-FINAL.pdf>
- Brasil, C. C. G. (2013). *Paisagem e ambiente construído: intervenções antrópicas no traçado do rio Paraibuna em Juiz de Fora – MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora]. <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/917>
- Bucci, M. M. H. S. (2015). *Estudo da qualidade da água na Represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Juiz de Fora]. <http://www.repositorio.ufjf.br:8080/jspui/bitstream/ufjf/133/1/mariamagalyheidenreichsilvabucci.pdf>
- Carvalho, L. F. M. (2015). *O tempo da ruptura do mundo: Antropoceno e Capital*. [Dissertação

- de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10362/16098>
- Chemekov, Y. F. (1983). Technogenic deposits. *Anais do XI Inqua Congress*, p. 62.
- Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora. (2018). *Mananciais - Represa Dr. João Penido*. (Relatório Técnico). <https://www.cesama.com.br/mananciais/represa-dr-joao-penido-2>
- Cunha, C. M. L. (2012). *A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas*. [Tese de Livre Docência, Universidade Estadual Paulista]. <https://hdl.handle.net/11449/252966>
- Duarte, B. P. (1998). *Evolução Tectônica dos ortognaisses dos complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, MG: geologia, petrologia e geoquímica* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.44.2016.tde-05012016-153129>
- Duarte, B. P., Heilbron, M., Nogueira, J. R., Tupinambá, M., Eirado, L. G., Valladares, C. S., Almeida, J. C. H., & Almeida, C. G. (2003). Geologia das folhas Juiz de Fora e Chiador. In A. C. Pedrosa-Soares, C. M. Noce, R. A. J. Trouw, M. Heilbron (coords.). *Projeto Sul de Minas*. Belo Horizonte, CODEMIG/UFMG/UFRJ/UERJ, Belo Horizonte, 1, Capítulo 6 p. 153–258. <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/#downloads-tab>
- Eduardo, C. C. (2018). *Cartografia Geomorfológica Comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora]. <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/6764>
- Eduardo, C. C., Marques Neto, R., & Silva, F. P. (2017). Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Cágado (MG). In Perez Filho, A. & Amorim, R. R. (Orgs.). *Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento* (p. 6076–6088). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2498>
- Fundação Estadual do Meio Ambiente. (2010). *Mapas de solo do Estado de Minas Gerais*. <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/api/records/365b8a86-6ecd-474b-ae20-30efac6107a8>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1992). *Manual técnico da vegetação brasileira. Série manuais técnicos em Geociências*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). *Manual técnico de geomorfologia. Série Manuais Técnicos em Geociências*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). *Manual técnico de uso da terra. Série Manuais Técnicos em Geociências*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil*. [https://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_2015\\_sirgas2000.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil: províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf>
- Lima, E. L. (2015). O mito do “fator antrópico” no discurso ambiental geográfico. *Mercator*, 14(3), 109–122. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1403.0007>
- Luz, R. A. (2015). *Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030>

- Machado, P. J. O. (2012). *Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas, MG*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense]. [https://www.ceivap.org.br/downloads/represa\\_chapeu\\_duva.pdf](https://www.ceivap.org.br/downloads/represa_chapeu_duva.pdf)
- Marques Neto, R., Silva, F. S., Fernandes, R. A., Barreto, J. C., & Eduardo, C. C. (2017). A espacialidade do relevo em paisagens transformadas e sua representação: mapeamento geomorfológico da bacia do rio Paraibuna, Sudeste de Minas Gerais. *RAEGA*, 41, 65–81. <https://doi.org/10.5380/raega.v41i0.49186>
- Marques Neto, R., Silva, F. P., & Moreira, J. A. (2020). Aspectos morfoestruturais e morfotectônicos na evolução do relevo da Bacia do Rio Paraibuna (MG). *Principia: Caminhos da Iniciação Científica*, 19(1), 1–12. <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2019.v19.29881>
- Menon Júnior, W., & Zaidan, R. T. (2016). Conflitos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego do Yung (Juiz de Fora-MG) com a legislação de parcelamento do solo e sua evolução entre os anos 1968 e 2010. *Revista Formação*, 3(23), 217–247. <https://doi.org/10.33081/formacao.v3i23.4226>
- Moore, J. W. (2013). El auge de la ecología-mundo capitalista (I): las fronteras mercantiles en el auge y decadencia de la apropiación máxima. *Revista Labertinto*, 38, 9-26. [https://jasonwmoore.com/wp-content/uploads/2017/08/Moore-El\\_Auge\\_de\\_la\\_ecologia-mundo\\_capitalista\\_Part\\_I\\_Laberinto\\_2013.pdf](https://jasonwmoore.com/wp-content/uploads/2017/08/Moore-El_Auge_de_la_ecologia-mundo_capitalista_Part_I_Laberinto_2013.pdf)
- Morin, E. (2015). *Introdução ao pensamento complexo*. Sulina.
- Moura, N. S. V., Silva, T. M., Gouveia, I. C. M. C., Peixoto, M. N. O., Felipe, M. F., Oliveira, A. M. S., Peloggia, A. U. G., & Nolasco, M. C. (2023). Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(4), Artigo e2466. <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i4.2466>
- Nexa Resources - Instituto Votorantim. (2021). *Barragens Nexa no Brasil e no Peru*. Brasil. <https://www.nexaresources.com/barragens/>
- Nunes, B. A., Ribeiro, M. I. C., Almeida, V. J., & Filho, T. N. (1995). *Manual técnico de geomorfologia*. IBGE.
- Ponçano, W. L., Carneiro, C., Bistrichi, C. A., Almeida, F. F. M., & Prandini, F. L. (1981). *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo, escala 1:100.000*. IPT.
- Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. (2004). Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora. FUNALFA.
- Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. (2011). *Imagens aéreas de satélite de 2010-2011 (Juiz de Fora)*. Resolução espacial de 0,60 cm. CD-ROM.
- Ribeiro, S. J. A. (1949). *Projeto de Remodelação e Extensão da Cidade de Juiz de Fora*. Instituto Geodésico Brasileiro Ltda. Planta Cadastral. Escala 1:1000.
- Souza, M. L. (2020, setembro 15). *A Geografia ambiental e a encruzilhada do Capitaloceno - Aula Inaugural 2020.2* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/live/a1UfMzF4c20?si=Eh8GlxDzqz7rqIa>
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 369, 842–867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Suguio, K. (2010). *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais*. Oficina de Texto.
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Sofia, G., Evans, D., & Ellis, C. E. (2019). From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(1), 95–128. <https://doi.org/10.1177/0309133318825284>
- Ter-Stepanian, G. (1988). Beginning of the technogene. *Bulletin of Engineering Geology & the Environment*, 38, 133–142. <https://doi.org/10.1007/BF02590457>

*Manuscrito submetido em 20 de dezembro de 2025, aceito em 16 de março de 2026.*

*Como citar:* Oliveira, C. C. E., Silva, T. M., & Felipe, M. F. (2026). Reconhecimento de feições de relevo tecnogênicas na bacia do rio Paraibuna (MG) através do emprego da cartografia geomorfológica retrospectiva. *Derbyana*, 47, Artigo e896.

*Contribuição dos autores:* C.C.E.O.: Levantamento bibliográfico, cartográfico e de imagens utilizadas, Redação do manuscrito original, Elaboração de mapas, Discussão sobre a elaboração das legendas. T.M.S.: Discussões sobre a metodologia de mapeamento de feições de relevo tecnogênicas proposta por Moura et al. (2023) em uma área onde essa abordagem ainda não foi empregada, Layout de figuras e mapas, Redação - revisão M.F.F.: Aplicação e adequação das categorias de análise e de reconhecimento das feições de relevo tecnogênicas para elaboração dos mapas, Redação - revisão.

*Conflito de interesses:* Os autores declaram que não há conflito de interesses.

